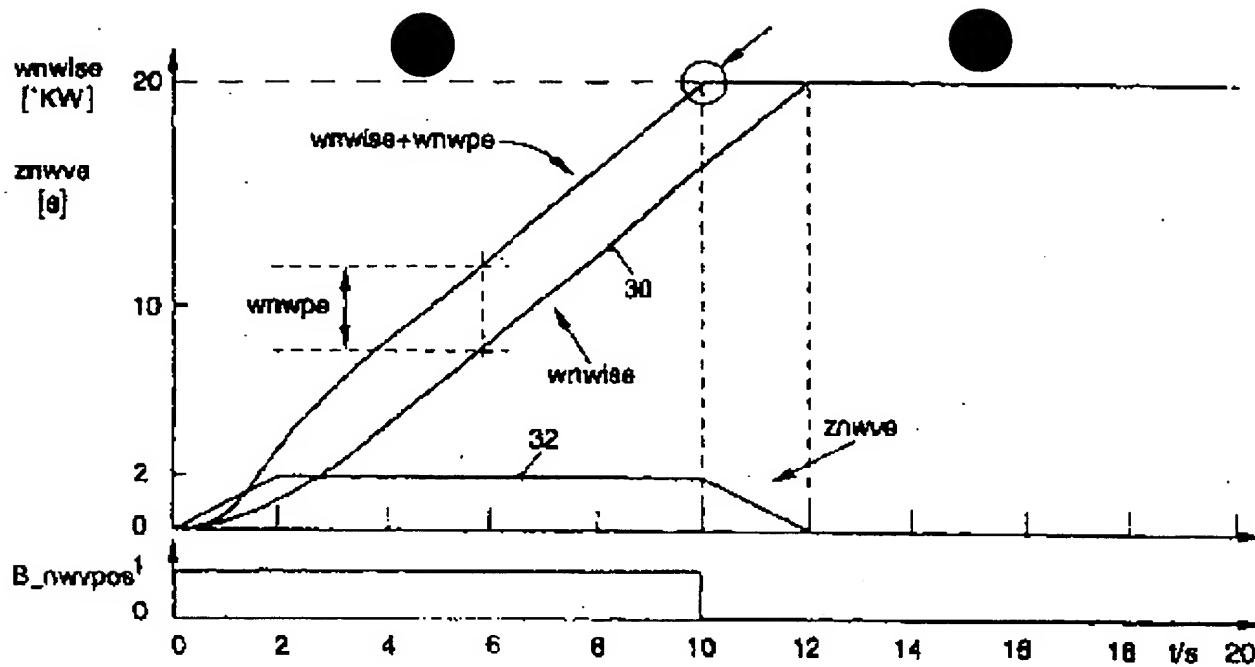


AN: PAT 2001-236928
TI: Method for adjusting angular position of camshaft of I
engine derives manipulated variable from comparison of actual
and desired angles
PN: EP1087106-A2
PD: 28.03.2001
AB: NOVELTY - The camshaft position is adjusted by an actuator
controlled by a controller and proportional valve. From a
comparison of an actual (wnwise) and desired angle a
manipulated variable in the form of a pulse duty factor for the
valve is determined. Before the comparison a predicted angle
(wnwpe) is added to the actual shaft angle the sum
corresponding to the final shaft angle. This is reached after
changing the duty factor to the holding value until the valve
has completely closed i.e. for the period (znwve).; USE - For
controlling the angular position of a camshaft relative a
crankshaft. ADVANTAGE - Provides adjustment of the cam shaft
angle without substantial overswing as the desired/actual value
comparison has already taken into consideration further angular
movement of the shaft during the closing time of the
proportional valve. DESCRIPTION OF DRAWING(S) - The figure
shows a graphical representation of the method to the present
invention. actual angle wnwise predicted angle wnwpe valve
closing time znwve
PA: (VOLS) VOLKSWAGEN AG;
IN: JELDEN H; SCHNAUBELT M; SCHULTALBERS M; SPRYSCH A;
FA: EP1087106-A2 28.03.2001; DE50006940-G 05.08.2004;
DE19946077-A1 19.04.2001; EP1087106-B1 30.06.2004;
CO: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; EP; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT;
LI; LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI;
DR: AL; AT; BE; CH; CY; DE; DK; ES; FI; FR; GB; GR; IE; IT; LI;
LT; LU; LV; MC; MK; NL; PT; RO; SE; SI;
IC: F01L-001/34; F01L-001/344; F01L-001/46; F02D-013/02;
F02D-045/00; F16D-003/10;
MC: X22-A03G;
DC: Q51; X22;
FN: 2001236928.gif
PR: DE1046077 25.09.1999;
FP: 28.03.2001
UP: 10.08.2004

BEST AVAILABLE COPY





THIS PAGE BLANK (USPTO)

2003 P 02452



⑯ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

Offenlegungsschrift
⑩ DE 199 46 077 A 1

⑯ Int. Cl. 7:
F 02 D 13/02
F 01 L 1/344
F 16 D 3/10
F 02 D 45/00

B2

⑯ Aktenzeichen: 199 46 077.9
⑯ Anmeldetag: 25. 9. 1999
⑯ Offenlegungstag: 19. 4. 2001 ✓

(2)

⑯ Anmelder:

Volkswagen AG, 38440 Wolfsburg, DE

⑯ Erfinder:

Jelden, Hanno, 38165 Lehre, DE; Schnaubelt, Michael, 37242 Bad Sooden-Allendorf, DE; Schultalbers, Matthias, 38536 Meinersen, DE; Sprysch, Andreas, 31234 Edemissen, DE

⑯ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu ziehende Druckschriften:

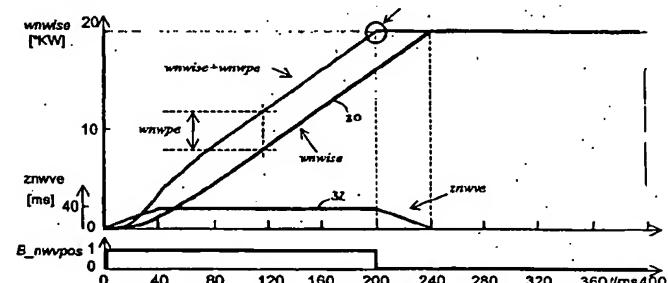
DE 199 14 156 A1
DE 43 17 527 A1
DE 43 07 010 A1
DE 41 27 327 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Der Inhalt dieser Schrift weicht von den am Anmeldetag eingereichten Unterlagen ab

⑯ Verfahren zur Regelung der Lage einer Nockenwelle und Anordnung zur Durchführung des Verfahrens

⑯ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nockenwellenverstellung in einer Brennkraftmaschine, wobei die Nockenwelle bzgl. einer Kurbelwelle mittels eines von einem Regler und einem Proportionalventil betätigten Verstellers um einen vorbestimmten Winkel verschwenkt wird, wobei der Regler einen Winkel sollwert mit einem Winkel listwert vergleicht, in Abhängigkeit von diesem Vergleich eine Stellgröße in Form eines Tastverhältnisses für das Proportionalventil bestimmt und bei Übereinstimmung von Winkel soll- und Winkel listwert diese Stellgröße auf ein Haltetastverhältnis derart einstellt, daß der Winkel sollwert gehalten wird. Hierbei wird während einer Verstellung der Nockenwelle vor einem jeweiligen Soll/Istwertvergleich dem Winkel listwert ein Prädiktionswinkel derart hinzugefügt, daß die Summe aus Winkel listwert und Prädiktionswinkel einem Winkel der Nockenwelle entspricht, den diese nach Umstellen der Stellgröße auf den Haltewert bis zum vollständigen Schließen des Proportionalventils während einer Ventilschließzeit erreicht.



DE 199 46 077 A 1

DE 199 46 077 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Nockenwellenverstellung in einer Brennkraftmaschine, wobei die Nockenwelle bzgl. einer Kurbelwelle mittels eines von einem Regler und einem Proportionalventil betätigten Verstellers um einen vorbestimmten Winkel verschwenkt wird, wobei der Regler einen Winkelsollwert mit einem Winkelwert vergleicht, in Abhängigkeit von diesem Vergleich eine Stellgröße in Form eines Tastverhältnisses für das Proportionalventil bestimmt und bei Übereinstimmung von Winkelsoll- und Winkelwert diese Stellgröße auf ein Haltetastverhältnis derart einstellt, daß der Winkelsollwert gehalten wird, gemäß dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Zur Anpassung der Ventilsteuierung an verschiedene Betriebssituationen einer Brennkraftmaschine ist es bekannt, mittels eines Schwenkverstellers und unter Verwendung des Öldruckes einen relativen Winkel zwischen der Nockenwelle und der Kurbelwelle zu verstellen. Hierdurch ergeben sich Vorteile bzgl. Leistungsabgabe, Verbrauch sowie Schadstoffemissionen der Brennkraftmaschine. Bezuglich des Schwenkverstellers ergeben sich jedoch folgende Nachteile: Die maximalen Verstellgeschwindigkeiten des Nockenwellenstellers sind nicht konstant und für einen positiven bzw. negativen Sprung unterschiedlich. Es existieren Beispiele, bei denen der Öldruck zum Verstellen nicht ausreicht. Der Winkelwert ist im statischen Bereich häufig unruhig.

Der vorliegenden Erfindung liegt daher die Aufgabe zu grunde, ein Verfahren der o. g. Art mit folgenden Eigenschaften zur Verfügung zu stellen: Gleichbleibend hohe Regelgüte unter allen Betriebsbedingungen, Vereinfachung der Applikation und Auffangen von Streuungen und Toleranzen durch intelligente Adoptionsstrategie.

Diese Aufgabe wird erfahrungsgemäß durch ein Verfahren der o. g. Art mit den in Anspruch 1 gekennzeichneten Merkmalen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

Dazu ist es erfahrungsgemäß vorgeschlagen, daß während einer Verstellung der Nockenwelle vor einem jeweiligen Soll-/Istwert-Vergleich dem Winkelwert ein Prädiktionswinkel derart hinzugefügt wird, daß die Summe aus Winkelwert und Prädiktionswinkel einem Winkel der Nockenwelle entspricht, den diese nach Umstellen der Stellgröße auf den Haltewert bis zum vollständigen Schließen des Proportionalventils während einer Ventilschließzeit erreicht.

Dies hat den Vorteil, daß eine präzise Nockenwellenverstellung ohne wesentliches Überschwingen erzielt wird, da ein weiteres Verschwenken der Nockenwelle während der Ventilschließzeit bereits beim Soll-/Istwertvergleich berücksichtigt wird. Ferner ergibt sich eine vereinfachte Applikation, da statt einer aufwendigen Bedatung wichtige Größen berechnet werden.

Die Ermittlung der jeweiligen Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle vor jedem Soll-/Istwertvergleich mittels Flankensignalen von einem der Nockenwelle zugeordneten Schnellstartgeberrad berücksichtigt einen Einfluß des Öldruckes auf den Prädiktionswinkel. Beispielsweise erhöht sich bei größerem Öldruck die Verstellgeschwindigkeit, was zu einem größeren Prädiktionswinkel führt.

Zweckmäßigerweise wird die Verstellgeschwindigkeit aus einer Lageänderung zwischen zwei zugehörigen negativen Flankenwechseln eines der Nockenwelle zugeordneten Schnellstartgeberrades berechnet, wobei bevorzugt über alle Flankenwechsel einer vollständigen Umdrehung des Schnellstartgeberrades gerechnet wird.

Sofern jedoch über eine Zeitspanne größer als dem Rechenraster kein Flankensignal des Schnellstartgeberrades

auftritt, wird der Winkelwert für einen nachfolgenden Soll-/Istwertvergleich unter Verwendung der Verstellgeschwindigkeit fortgeschrieben. Hierzu wird bei Ausbleiben eines Flankensignals vom Schnellstartgeberrad zwischen

5 zwei Rechentakte beim nächstfolgenden Rechentakt der neue Winkelwert aus dem beim letzten Rechentakt erhaltenen Winkelwert zusammen mit einer Winkelkorrektur bestimmt, wobei die Winkelkorrektur aus der Verstellgeschwindigkeit und der Dauer eines Rechentaktes berechnet wird.

10 Einer von einer Viskosität des Öls unabhängige präzise Nockenwellenverstellung erzielt man dadurch, daß die Ventilschließzeit vor jedem Soll-/Istwertvergleich in Abhängigkeit von einer Motortemperatur, vorzugsweise der Öltemperatur, aus einem Kennfeld bestimmt wird.

15 Dadurch, daß für unterschiedliche Schwenkrichtungen der Nockenwelle die Ventilschließzeit aus unterschiedlichen Kennfeldern bestimmt wird, ist es möglich, Rückwirkungen auf die Nockenwelle, beispielsweise von Ventilstöbeln, welche für unterschiedliche Schwenkrichtungen unterschiedliche Wirkung auf den Prädiktionswinkel haben, zu berücksichtigen.

20 Zweckmäßigerweise wird ab dem Beginn einer Verstellung der Nockenwelle die Ventilschließzeit von Null bis höchstens zum maximalen bzw. minimalen Wert mittels Integration verändert und ab dem Umstellen der Stellgröße auf das Haltetastverhältnis die Ventilschließzeit vom letzten Wert mittels Integration auf Null berechnet.

25 Zur Sicherstellung der Konvergenz des Regelverfahrens an den Winkelsollwert, wird eine jeweils bestimmte Ventilschließzeit mit einem Vorzeichen derart versehen, daß der sich aus dem Produkt aus Ventilschließzeit und Verstellgeschwindigkeit ergebende Prädiktionswinkel eine solches Vorzeichen hat, daß sich bei Addition mit dem Winkelwert eine Betragsänderung des Winkelwertes in Richtung des Winkelsollwertes ergibt. Mit anderen Worten wird der Betrag des Winkelsollwertes durch den Prädiktionswinkel erhöht, wenn der Winkelsollwert im Betrag größer ist als der Winkelwert bzw. es wird der Betrag des Winkelsollwertes durch den Prädiktionswinkel erniedrigt, wenn der Winkelsollwert im Betrag kleiner ist als der Winkelwert.

30 Beispielsweise werden das Haltetastverhältnis, das Tastverhältnis zum Verstellen in eine Richtung und das Tastverhältnis zum Verstellen in die entgegengesetzte Richtung vorbestimmt.

35 In einer bevorzugten Ausführungsform wird oberhalb und unterhalb des Sollwertes ein Fangbereich mit vorbestimmter Breite vorgesehen, wobei bereits dann auf das Haltetastverhältnis umgeschaltet wird, wenn der um den Prädiktionswinkel ergänzte Winkelwert in den Fangbereich hinein fällt. Hierbei wird für eine präzise Verstellung auf einen neuen Winkel ohne Über- oder Nachschwingen während der Verstellung der Nockenwelle auf einen neuen Winkel der Fangbereich kleiner gewählt als während des Haltens des Winkelsollwertes mit dem Haltetastverhältnis. Der größere Fangbereich beim Halten verhindert zudem, daß die Regelung in unerwünschter Weise in den Betrieb der Winkelverstellung umschaltet, was zu einem unruhigen Reglerverhalten führen würde.

40 45 50 Eine präzise und ruhige Reglercharakteristik beim Halten eines Winkelsollwertes erzielt man dadurch, daß während des Haltens eines Winkelsollwertes eine PI-Regelung durchgeführt wird, wobei ein I-Anteil aus dem Haltetastverhältnis abgeleitet und ein P-Anteil aus einer Sollwertabweichung multipliziert mit einem vorbestimmten Faktor berechnet wird.

55 60 Weitere Merkmale, Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen An-

sprüchen, sowie aus der nachstehenden Beschreibung der Erfindung anhand der beigefügten Zeichnungen. Diese zeigen in

Fig. 1 eine schematische Übersicht einer Nockenwellenanordnung, welche das erfindungsgemäße Verfahren ausführt,

Fig. 2 eine graphische Darstellung des Verhaltens des tatsächlichen Winkelwertes, des um einen Prädiktionswinkel korrigierten Winkelwertes und der Verschließzeit des Proportionalventils über die Zeit;

Fig. 3 ein schematisches Blockschaltbild einer das erfindungsgemäße Verfahren ausführenden Reglervorrichtung,

Fig. 4 ein schematisches Blockschaltbild der Modellbildung des Ventils gemäß Fig. 3,

Fig. 5 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan einer bevorzugten Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 6 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Berechnung der Nockenwellengeschwindigkeit gemäß der Ausführungsform von Fig. 5,

Fig. 7 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan des Beobachters mit Modellbildung des Ventils, Prädikation und Berechnung des Winkelwertes mittels Integration,

Fig. 8 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Modellbildung des 4/2-Proportionalventils gemäß Fig. 7,

Fig. 9 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Adaption der Ventilschließzeit gemäß Fig. 7,

Fig. 10 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Ausgabe des Tastverhältnisses mittels eines 3-Punkt-Reglers gemäß der Ausführungsform von Fig. 5,

Fig. 11 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Berechnung des Betriebspunktes gemäß der Ausführungsform von Fig. 5,

Fig. 12 einen schematischen, blockschaltbildartigen Ablaufplan der Freigabe der Berechnung des Betriebspunktes gemäß Fig. 11.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend unter Bezugnahme auf die beigefügten Zeichnungen beispielhaft für die Einlaßnockenwelle beschrieben, was durch den Index "e" in den jeweiligen Bezeichnungen für Signale, Parameter bzw. Bits ersichtlich ist. Dies ist jedoch lediglich beispielhaft. Die dargestellten Erläuterungen gelten sinngemäß auch für die Auslaßnockenwelle.

Die in Fig. 1 beispielhaft dargestellte Nockenwellenanordnung für eine verstellbare Nockenwelle 10 umfaßt einen Schwenkversteller 12, einen Schwenkversteller ansteuerndes 4/2-Proportionalwegeventil 14, ein Motorsteuergerät 16, ein der Nockenwelle 10 zugeordnetes Schnellstartgeberrad 18, einen dieses Schnellstartgeberrad 18 abtastenden Nockenwellensensor 20 und eine die Nockenwelle 10 mit einer nicht dargestellten Kurbelwelle verbindende Kette 22. Der Nockenwellensensor 20 tastet das Schnellstartgeberrad 18 ab, wobei letzteres Erhebungen 24 aufweist, die sich bei Drehung der Nockenwelle 10 aufeinander folgend an dem Nockenwellensensor 20 vorbei bewegen und dort entsprechende Flankensignale erzeugen, die von dem Nockenwellensensor 20 an das Motorsteuergerät 16 übertragen werden. Das Motorsteuergerät 16 steuert wiederum das Proportionalventil 14 derart an, daß den Schwenkversteller mit entsprechendem Öldruck aus einem Ölkreislauf 26 versorgt wird. Dieser Öldruck wird von einer Motorölpumpe 28 erzeugt.

Fig. 2 veranschaulicht grafisch die Arbeitsweise des im Motorsteuergerät 16 (Fig. 1) angeordneten erfindungsgemäßen Reglers. In Fig. 2 ist ein Zeitschnitt dargestellt, welcher eine Verstellung der Nockenwelle von einem Winkel

0°KW (KW = Kurbelwelle) bis zu einem Winkel 20°KW darstellt. Zu einem Zeitpunkt $t = 0$ s wird ein Bit B_nwvpos auf 1 gesetzt, was das Verstellen der Nockenwelle auf einen neuen Relativwinkel bezüglich der Kurbelwelle signalisiert.

Als Winkelsollwert ist 20°KW eingestellt. Die Linie 30 veranschaulicht den sich über die Zeit verändernden Winkelwert der Kurbelwelle, welcher nachfolgend mit wnwse bezeichnet ist.

Je nach Stellung des Proportionalwegeventils 14 (Fig. 1)

benötigt dieses eine vorbestimmte Zeit znwve, bis dieses wieder geschlossen ist. Diese Ventilschließzeit znwvc ist mit Linie 32 dargestellt. Mit andern Worten benötigt das Ventil nach Rücksetzen des Bits B_nwvpos auf Null die Zeitspanne znwve bis es vollständig geschlossen ist. In der dargestellten Ausführungsform sind dies 40 ms. Während dieser 40 ms wird der Schwenkversteller 12 vom Öldruck weiter bewegt, wodurch sich auch der relative Winkel der Nockenwelle 10 zur Kurbelwelle verändert. Diese Winkelveränderung hängt im wesentlichen von der Steigung der Kurve 30, d. h. von der Geschwindigkeit ab, mit der sich der Winkelwert verändert (Verstellgeschwindigkeit). Das Produkt aus dieser Verstellgeschwindigkeit vnwde und der Ventilschließzeit znwve ergibt einen Prädiktionswinkel wnwpe. Die Summe aus aktuellem Winkelwert wnwse und Prädiktionswinkel wnwpc ergibt somit einen endgültigen Winkel der Nockenwelle 10 gegenüber der Kurbelwelle, welcher nach Beendigung der Verstellung mittels Rücksetzen des Bits B_nwvpos auf "0" von der Nockenwelle 10 letztendlich erreicht wird.

Erfindungsgemäß ist es nunmehr im Regler vorgesehen, daß ein Soll-/Istwert-Vergleich nicht mit dem tatsächlichen Istwert wnwse erfolgt, sondern mit der Summe aus wnwse und dem Prädiktionswinkel wnwpe. Dementsprechend endet der Regler die Verstellung bei $t = 200$ ms derart rechtzeitig, daß durch das Weiterlaufen der Nockenwelle 10 im Bereich $t = 200$ ms bis $t = 240$ ms bedingt durch die Schließzeit znwve des Proportionalwegeventils 14 möglichst genau der gewünschte Sollwinkel von 20°KW erreicht wird.

Mit andern Worten wird zur Regelung der Nockenwellen-Istposition ein Prädiktionsregler verwendet. Übersteigt die Regeldifferenz einen Schwellwert und liegt somit ein erhöhter Stellbedarf vor, wird das Proportionalwegeventil 14 mit maximalem Tastverhältnis angesteuert, was durch Setzen des Bits B_nwvpos auf "1" erzielt wird und für die Zeitdauer von $t = 0$ s bis $t = 200$ ms andauert. Entsprechende Kanäle im Proportionalwegeventil 14 geben den größtmöglichen Öffnungsquerschnitt frei und führen zu einer maximalen Verstellgeschwindigkeit vnwde. Um ein optimales Einschwingverhalten zu erreichen, wird der Prädiktionswinkel wnwpe verwendet. Diese Größe berücksichtigt den Winkel, den die Nockenwelle benötigt, um aufgrund der endlichen Ventilschließzeit znwve von der momentanen Verstellgeschwindigkeit vnwde zum Stillstand zu kommen. Die Ansteuerung des 4/2-Proportionalwegeventils 14 wird bereits beendet, wenn der Winkelwert den Winkelsollwert bis auf den Prädiktionswinkel wnwpe erreicht hat. Der Prädiktionswinkel errechnet sich als Produkt aus der aktuellen Verstellgeschwindigkeit vnwde und der Ventilschließzeit znwve.

Die Verstellgeschwindigkeit vnwde wird aus der Lageänderung der Nockenwelle zwischen zwei negativen Signalen einer Flanke des Schnellstartgeberradsignals berechnet. Die Ermittlung der Verstellgeschwindigkeit vnwde berücksichtigt hierbei den Einfluß des Öldruckes, so daß eine genaue Ermittlung der Prädiktionswinkels möglich ist.

In dem erfindungsgemäßen Regelverfahren erfolgt der Soll-/Istwertvergleich ständig im Rhythmus eines Rechenrasters von beispielsweise 4 ms. Hierbei ist jedoch zu beachten, daß nicht innerhalb eines jeden Rechenzyklus ein Flan-

kensignal des Schnellstartgeberrades 18 auftritt und somit nicht zu jedem Rechentakt der tatsächliche Winkelwert bestimmt werden kann. Um nun trotzdem beim nächsten Rechentakt einen Soll-/Istwertvergleich vornehmen zu können, wird erfahrungsgemäß der Winkelwert *vnwde* aus der bestimmten Verstellgeschwindigkeit *vnwde* berechnet bzw. fortgeschrieben, bis wieder ein Flankensignal des Schnellstartgeberrades 18 auftritt, bei dem eine genaue Positionsbestimmung der Kurbelwelle, der Nockenwelle 10 und somit eines relativen Winkels zwischen diesen (Winkelwert) messbar ist. Die momentane Ventilschließzeit *znwve* wird ebenfalls ständig in Abhängigkeit von der Betriebsituation der Brennkraftmaschine aktualisiert.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Fig. 3 bis 12 eine konkrete bevorzugte Ausführungsform eines erfahrungsgemäßen Regelverfahrens beschrieben.

Fig. 3 veranschaulicht in einem Blockschaltbild eine vereinfachte Struktur eines Drei-Punkt-Nockenwellen-Reglers. In einem Block 34 wird in nachfolgend noch näher erläuterter Weise die aktuelle Verstellgeschwindigkeit *vnwde* der Nockenwelle berechnet.

Diese Verstellgeschwindigkeit *vnwde* wird einem Integrator 36 zugeführt, welcher aus der Verstellgeschwindigkeit *vnwde* über die Zeit einen geschätzten Winkelwert *vnwde'* berechnet, sofern kein Flankensignal des Schnellstartgeberrades 18 und somit kein gemessener Winkelwert vorliegt. Gleichzeitig wird bei jedem Rechentakt aus einer Modellbildung des Proportionalwegevents in Block 38 eine für die momentane Betriebsituation gültige Ventilschließzeit *znwve* bestimmt und ausgegeben. Des Weiteren steuert Block 38 einen Schalter 40 mittels eines Bits *B_nwvhe* derart, daß wahlweise der Ausgang aus Block 34 oder ein Wert "0" an den Integrator 36 gegeben wird. Dieses Bit *B_nwvhe* ist dann auf "1" gesetzt, wenn keine Verstellung des Nockenwellenwinkels auf einen neuen Wert, sondern ein Halten des momentanen Istwertes erfolgen soll. In diesem Fall erfolgt keine Fortschreibung des Winkelwertes *vnwde'*, da dieser sich möglichst nicht verändern soll. Aus der momentanen Ventilschließzeit *znwvc* zusammen mit der Verstellgeschwindigkeit *vnwde* wird in einem Block 42 der Prädiktionswinkel *wnwpe* berechnet. In Block 44 werden der Prädiktionswinkel *wnwpe* und der abgeschätzte Winkelwert *vnwde'* zum Gesamtwinkel *wnwgsde* für den Soll-/Istwertvergleich im Regler berechnet. Dieser Soll-/Istwertvergleich zwischen *wnwgsde* und dem Winkelsollwert für die Nockenwelle *wnwse* erfolgt in Block 46. Dieser Block 46 schaltet mittels der Bits *B_nwvpos*, *B_nwvhe* und *B_nwvneg* die Betriebsart des Reglers, d. h. Halten oder Verstellen des Relativwinkels zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle. Sofern der Soll-/Istwertvergleich ergibt, daß eine große Sollwertdifferenz vorliegt, dann wird je nach Vorzeichen dieser Differenz ein Verstellen in positiver oder negativer Richtung des Relativwinkels zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle durch Setzen entweder des Bits *B_nwvpos* oder des Bits *B_nwvneg* auf "1" aktiviert. Sofern der Soll-/Istwertvergleich jedoch ergibt, daß sich der Gesamtwert *wnwgsde* innerhalb eines Fanges um den Sollwert *wnwse* befindet, wird die Betriebsart "Winkelhalten" aktiviert, indem das Bit *B_nwvhe* auf "1" gesetzt wird.

Fig. 4 veranschaulicht eine vereinfachte Struktur des Blockes 38 von Fig. 3, welcher eine Modellbildung des Proportionalwegevents 10 von Fig. 1 umfaßt. In Abhängigkeit von einem Parameter *tnol*, welcher eine Motortemperatur darstellt, wird für die unterschiedlichen Verstellrichtungen aus einem jeweiligen Kennfeld 48, 50 eine jeweilige maximale Ventilschließgeschwindigkeit für ein Verstellen in positiver bzw. negativer Richtung bestimmt und an einen Integrator 52 übergeben. Dieser Integrator 52 erhält ein zu integrierendes Eingangssignal von einer Logik 54. Dieser Logik ist durch Überprüfung der Bits *B_nwvpos* und *B_nwvneg* bekannt, in welcher Regelsituation sich der Regler momentan befindet. Ferner ist der Logik 54 über Rückkopplung 56

5 der momentane Zustand des Integrators 52 ebenso bekannt. Durch ein entsprechendes Eingangssignal aus der Logik 54 erhöht der Integrator 52 an seinem Ausgang ab dem Beginn einer positiven Verstellung des Nockenwellenwinkels auf einen neuen Wert die Ventilschließzeit steigend, wie dies 10 aus Kurve 32 in Fig. 2 ersichtlich ist. Die Werte aus den Kennfeldern 48 bzw. 50 stellen dabei die maximalen Ventilschließzeiten *znwve* für die positive bzw. negative Verstellrichtung dar. Diese liegt bei dem Beispiel gemäß Fig. 2 bei 40 ms, so daß der Ausgang des Integrators 52 ab diesem 15 Zeitpunkt konstant bleibt. Nach einer entsprechenden Vorzeichenkorrektur in Block 58 wird dann schließlich von der Modellbildung in Block 38 die aktuelle Ventilschließzeit *znwve* sowie das Bit zum Signalisieren eines Haltezustandes *B_nwvhe* ausgegeben.

Nachfolgend wird unter Bezugnahme auf die Fig. 4 bis 12 eine konkrete Ausgestaltung des Funktionsablaufes der erfahrungsgemäßen Regelung gemäß der Fig. 3 und 4 beschrieben.

Fig. 5 veranschaulicht hierzu in einer Übersicht den erfahrungsgemäßen Nockenwellenregler. Dieser umfaßt folgendes: einen Beobachter 60, welcher die Funktionen der Blöcke 36, 38, 42 und 44 gemäß Fig. 3 in sich vereint, eine Geschwindigkeitsberechnung 62, eine Adaption des Arbeitspunktes 64, eine Fehlerbehandlung 66 und eine Ausgabe des Tastverhältnisses 68. Der in Fig. 5 dargestellte Nockenwellenregler erhält als Eingangswerte einen Winkelwert *wnwse* sowie einen Winkelwert *vnwde*. Als Ausgangswert gibt dieser Nockenwellenregler im wesentlichen einen Stellwert in Form eines Tastverhältnisses *tanwre* ab. Dieses Tastverhältnis *tanwre* wird dem Proportionalwedgeventil zugeführt und stellt eine entsprechende Ventilstellung derart ein, daß entweder der Nockenwellenwinkel in negativer Richtung verändert wird (Tastverhältnis *tanwre* = *tanwnc*) oder der Nockenwellenwinkel in positiver Richtung verändert wird (Tastverhältnis *tanwre* = *tanwpe*) oder der momentane Winkelwert gehalten wird (Tastverhältnis *tanwre* = *tanwrf* + *tanwpe*, wie nachfolgend unter Bezugnahme auf Fig. 10 noch näher erläutert wird).

Fig. 6 veranschaulicht die Berechnung der Verstellgeschwindigkeit *vnwde* in Block 62. Diese Berechnung erfolgt immer dann, wenn das Bit *B_nwvhe* gleich "1" ist und damit signalisiert, daß ein Flankensignal des Schnellstartgeberrades empfangen wurde. In diesem Fall erfolgt der Ablauf von Operationen in einem Zweig 70, wobei diese Operationen mit /1 bis /11 gekennzeichnet sind, wobei die Ziffern die Reihenfolge der Funktionsausführung beginnend mit /1 kennzeichnen. In Block 72 erfolgt dann die Auswertung mehrerer Flankensignale des Schnellstartgeberrades über eine volle Umdrehung desselben. Entsprechende Drehwinkel und Zeitschritte zwischen den Flankensignalen werden in Schieberegistern 74 bzw. 76 aufgenommen und in Blöcken 78 bzw. 80 aufsummiert. In Block 82 werden die aufsummierten Winkel durch die aufsummierten Zeiten geteilt, woraus sich die Verstellgeschwindigkeit *vnwde* gemittelt über eine volle Umdrehung des Schnellstartgeberrades ergibt. Gegebenenfalls erfolgt in einem Filter 84 eine Filterung der berechneten Verstellgeschwindigkeit *vnwde*, wodurch die Geschwindigkeitsfassung geglättet wird. Die Drehung des Schnellstartgeberrades erfolgt jedoch nicht in der selben Frequenz, die dem Rechenraster zugrunde liegt. Demzufolge tritt ein Flankensignal nicht notwendigerweise exakt zum Zeitpunkt eines Rechentaktes auf, sondern in der Regel zwischen zwei Rechentakten. Nun wird jedoch zum

Zeitpunkt des Eintritts des Flankensignals eine momentane Stellung der Kurbelwelle ausgewertet. Durch Vergleich mit der zugehörigen Flanke des Schnellstartgeberrades lässt sich somit zwar ein Relativwinkel zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle bestimmen, jedoch liegt dieser Zeitpunkt im Moment des Rechentaktes in der Vergangenheit, da zwischen dem Auftreten des Flankensignals und dem nächsten Rechentakt ein gewisser Bruchteil einer Rechentaktzeit vergangen ist. Die Berechnungen des in den Figuren dargestellten erfundungsgemäßen Reglers erfolgen gemäß einem in Block 86 bestimmten Zeitpunkts. Um nun aus der Lagbestimmung der Kurbelwelle zum Zeitpunkt des Flankensignals einen exakten Winkelwert zum Zeitpunkt des (zeitlich später liegenden) Rechentaktes zu bestimmen, wird im Block 88 die Zeitspanne zwischen dem Auftreten des Flankensignals und dem nächsten Rechentakt bestimmt. Diese Zeitspanne wird bei 90 als letzte Funktion /11 an den Beobachter 60 übergeben. Sofern jedoch seit dem letzten Rechentakt kein Flankensignal des Schnellstartgeberrades auftrat, ist das Bit B_nwve auf "0" gesetzt und es erfolgt die Ausführung des Programmzweiges 92. In diesem Zweig 92 wird lediglich eine mit /1 bezeichnete Funktion ausgeführt, in der einem Register 94 eine Rechentaktzeit hinzugefügt wird und eine gesamt verstrichene Zeit dtwne seit dem letzten Flankensignal an den Beobachter 60 weitergeleitet wird.

Fig. 7 veranschaulicht den Funktionsablauf im Beobachter 60. Sofern durch das Bit B_nwvhe signalisiert wird, dass sich der Regler im Betriebsmodus "Verstellen auf einen neuen Winkelwert" befindet, wird die in Block 62 berechnete Verstellgeschwindigkeit vnwde einem Integrator 94 zugeführt. Dieser berechnet aus der Verstellgeschwindigkeit und der seit dem letzten Flankensignal des Schnellstartgeberrades vergangenen Zeit einen geschätzten Winkelwert wnwgs. Sofern jedoch ein Flankensignal des Schnellstartgeberrades ein exaktes Bestimmen des Winkelwertes zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle zulässt, erfolgt ein Abgleich des Integrators 94 über Zweig 96, wobei der zum Zeitpunkt des Flankensignals bestimmte Wert des Winkels mit der entsprechenden Korrektur aufgrund der Zeitspanne zwischen Flankensignal und Rechentakt als neuer Winkelwert wnwgs gesetzt wird. Die Korrektur erfolgt bei der Multiplikation der Verstellgeschwindigkeit vnwde mit der Zeitspanne dtwne seit dem letzten Flankensignal im Block 98 und führt zum Korrekturwinkel wnwkrve, der in Block 100 dem zum Zeitpunkt des Flankensignals gemessenen Winkelwert wnwse hinzu addiert wird. Der den Integrator verlassende Istwert wnwgs wird schließlich in Block 102 um den Prädiktionswinkel wnwpe ergänzt zu wnwgsde. In Block 104 erfolgt schließlich der Soll-/Istwertvergleich in dem der ergänzte Winkelwert wnwgsde und der Winkel sollwert wnwse voneinander abgezogen werden. Das Ergebnis ist die Regeldifferenz dwnwe.

Die Bestimmung des Prädiktionswinkels wnwpc in Block 106 ist in Fig. 8 veranschaulicht. In Fig. 8 finden sich die Logik 54, der Integrator 52, die Rückkopplung 56, die Kennfelder 48, 50 sowie die Vorzeichenkorrektur 58 wieder. Zusätzlich wird bei 108 und 110 ein Korrekturwert für die maximale Ventilschließzeit znwvpe in positiver Richtung bzw. znwvne in negativer Richtung eingeführt. Die Bestimmung dieser Korrekturwerte znwadne und znwadpe ist in Fig. 9 veranschaulicht. In Block 112 wird geprüft, ob eine Adaption notwendig ist oder nicht. In Block 114 wird festgelegt wie adaptiert wird und in Block 116 erfolgt eine Lernwert-Begrenzung. In Block 118 wird die Adaption gelöscht. Der Adaptionswert berücksichtigt beispielsweise Ölviskosität, Streuungen und Leckagen.

Fig. 10 veranschaulicht schließlich den Aufbau des Blocks 68, welcher ein jeweiliges Tastverhältnis tanwre zum

Ansteuern des Proportionalwegeventils ausgibt. In Block 120 erfolgt in Abhängigkeit der Werte der Bits B_nwvne (= B_nwvneg) und B_nwvpe (= B_nwvpos) die Auswahl aus drei Quellen für das auszugebende Tastverhältnis tanwre.

5 Mit anderen Worten handelt es sich bei dem Regler mit dem Funktionsblock 120 um einen Drei-Punkt-Regler.

Sofern das Bit B_nwvne oder B_nwvpe gesetzt ist, wird jeweils ein Tastverhältnis aus dem Register 122 oder 124 ausgegeben. Hierbei handelt es sich um Tastverhältnisse zur

10 Verstellung des Relativwinkels zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle in positive oder negative Richtung. Sofern momentan kein neuer Relativwinkel für die Nockenwelle angefahren wird, befindet sich der Regler im "Haltemodus", d. h. es wird ein Haltetastverhältnis ausgegeben. Dieses wird in 15 Form eines PI-Reglers erzeugt und umfasst als P-Anteil das Tastverhältnis tanwpe und als I-Anteil das Haltetastverhältnis tanwrhfe, die im Block 126 aufsummiert werden. Der P-Anteil tanwpe ist dabei das Ergebnis einer Multiplikation aus der Regeldifferenz dwnwe mit einem festen Faktor aus 20 einem Register 128 im Funktionsblock 130.

Das Setzen oder Zurücksetzen der Bits B_nwvne bzw. B_nwvpe, die ein Verstellen auf einen neuen Relativwinkel zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle signalisieren, erfolgt zusätzlich in Abhängigkeit von Schwellwerten WSNW und WSRNW in Registern 132, 134, die jeweils einen Fangbereich um den Sollwert herum bilden. Hierbei ist ein größerer Fangbereich WSNW aus Register 132 aktiv, wenn sich die Regelung im Haltemodus befindet, d. h. wenn gemäß dem gesetzten Bit B_nwhe der momentane Winkel gehalten werden soll. Sofern sich jedoch der Regler in einem Betriebszustand befindet, in dem auf einen neuen relativen Winkel zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle verstellt wird, ist der kleinere Fangbereich WSRNW aus Register 134 aktiv.

25 35 Fig. 11 veranschaulicht den Aufbau und die Funktionsweise des Blocks 64 von Fig. 5 zur Berechnung des Betriebspunktes, d. h. zur Bestimmung des Haltetastverhältnisses tanwrhfe. Hierbei wird in einem Block 136 geprüft, ob die Berechnung des Betriebspunktes aktiviert wcrdcn soll oder nicht. Die Aktivierung erfolgt lediglich dann, wenn die Winkelposition der Nockenwelle bezüglich der Kurbelwelle konstant gehalten werden soll. Der Block 64 passt dann das Haltetastverhältnis tanwrhfe in optimaler Weise daran an, 40 dass sich ein entsprechender Betriebspunkt für die Regelung ergibt. Aufbau und Funktion des Blocks 136 sind in Fig. 12 illustriert. Hierbei wird in Block 138 ein Soll-/Istwertvergleich zwischen dem Winkelwert wnwgs und dem Winkelwert wnwse ohne Hinzufügung des Prädiktionswinkels durchgeführt. Hierdurch ist sichergestellt, dass die Berechnung des Betriebspunktes nicht bereits in dem Zeitintervall aktiviert wird, in dem zwar die Verstellung beendet ist, jedoch das Proportionalwegeventil noch nicht ganz geschlossen ist (Ventilschließzeit znwvc). In Fig. 2 ist dies der Zeitbereich von $t = 200$ ms bis $t = 240$ ms. Erst in dem Zeitbereich nach $t = 240$ ms soll die Berechnung des Betriebspunktes einsetzen. Durch eine Rückkopplung 140 wird schließlich sichergestellt, dass die Berechnung des Betriebspunktes auch dann noch aktiv bleibt, wenn sich in Abwesenheit des Wunsches der Verstellung auf einen neuen relativen

45 55 60 65 Winkelwert zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle der Winkelwert etwas weiter von dem Winkelwert entfernt. Erst wenn tatsächlich der Winkelwert auf einen neuen Wert eingestellt wurde, der nunmehr angefahren werden muss, hört die Berechnung des Betriebspunktes auf.

An Stelle des beispielhaft gezeigten Schwenkverstellers 12 kann ein beliebiger Versteller eingesetzt werden, z. B. aus dem Stand der Technik bekannte, mit einer Schrägver-

zahnung versehene hydraulisch betätigte Axialkolbenversteller.

BEZUGSZEICHENLISTE

B_nwco Bit zur Freigabe der Berechnung des Betriebspunktes

B_nwie Bit für Auftreten einer Flanke des Schnellstartgeberrades (Interrupt)

B_nwvpos Bit für Verstellung der Nockenwelle in positiver Richtung (maximales Tastverhältnis für Verstellung in positiver Richtung aktiv)

B_nwvneg Bit für Verstellung der Nockenwelle in negativer Richtung (maximales Tastverhältnis für Verstellung in negativer Richtung aktiv)

B_nwvhe Bit für Halten des Winkelwertes im Bereich des Bitsollwertes mit PI-Regelung (Haltetastverhältnis aktiv)

B_nwtve Bit für Reglerberechnung aktiv

dnnwe Winkel zwischen zwei auszuwertenden Flanken des Schnellstartgeberrades

dnnwXe X-ter Winkelwert, X = 1, 2, 3

dtnwe Zeitabschnitt zwischen zwei auszuwertenden Flanken des Schnellstartgeberrades

dtnwXe X-te Zeitabschnitt, X = 1, 2, 3

dwnwc Differenz: Winkelsollwert der Nockenwelle minus prädiktiver Winkelwert der Nockenwelle (Soll/Ist-Abweichung)

tanwne Tastverhältnis zur Verminderung des Nockenwellenwinkels

tanwpe Proportional-Anteil des Haltetastverhältnisses

tanwpse Tastverhältnis zur Erhöhung des Nockenwellenwinkels

tanwre Tastverhältnis für Nockenwellenregelung

tanwrhfe adaptiertes Haltetastverhältnis (Integralanteil)

tmt Motortemperatur

tnwie Zeit eines Systemtimers bei Eintreffen einer Flanke des Schnellstartgeberrades

tnwtv Rechenzeitraster

ttvrc Systemzähler

ttvier Übernahmewert von ttvrc bei Auftreten einer Flanke des Schnellstartgeberrades (B_nwtve = TRUE)

vnwde Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle

vnwde Zwischenwert der Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle

wnwgsde Winkelwert + Prädiktionswinkel (voraussichtlicher Winkel der Nockenwelle, welcher erreicht würde, wenn das Bit B_nwvhe auf TRUE gehen würde)

wnwgse geschätzter Einlaßnockenwellenwinkel

wnwkrve Korrekturwert für Nockenwellenwinkel wegen Zeitspanne zwischen Auftreten der Flanke des Schnellstartgeberrades und dem Berechnungszeitpunkt des Rechenrasters

wnwpc Prädiktionswinkel

wnwise Winkelwert der Nockenwelle

wnwse geschätzter Winkelwert der Nockenwelle in Rechenrastern ohne Auftreten einer Flanke des Schnellstartgeberrades

wnwse Winkelsollwert der Nockenwelle

wsnw Wert für Fangbereich (wenn B_nwvhe = TRUE, d. h. wenn der Winkel gehalten wird)

wsnrw reduzierter Wert für Fangbereich (wenn sich wnwise an wnwse annähert)

znwadpe Adoptionswert für Ventilschließzeit bei positiver Verstellung

znwadne Adoptionswert für Ventilschließzeit bei negativer Verstellung

znwve Ventilschließzeit

znwvpe Grenzwert der Ventilschließzeit bei positiver Ver-

stellung

znwvne Grenzwert der Ventilschließzeit bei negativer Verstellung

10 Nockenwelle

5 12 Schwenkversteller

14 4/2-Proportionalwegeventil

16 Motorsteuergerät

18 Schnellstartgeberrad

20 Nockenwellensensor

22 Kette

24 Erhebungen des Schnellstartgeberrades

26 Ölkreislauf

28 Motorölpumpe

30 Winkelwert

15 32 Ventilschließzeit

34 Berechnung der Verstellgeschwindigkeit vnwde

36 Integrator

38 Modellbildung des Proportionalwegeventiles

40 Schalter

20 42 Berechnung wnwpe = znwve · vnwde

44 Berechnung wnwpe + wnwse

46 Soll-/Istwertvergleich

48 Kennfeld

50 Kennfeld

25 52 Integrator

54 Logik

56 Rückkopplung

58 Vorzeichenkorrektur

60 Beobachter

30 62 Geschwindigkeitsberechnung

64 Adaption des Arbeitspunktes

66 Fehlerbehandlung

68 Ausgabe des Tatsverhältnisses

70 Funktionszweig, IF-Bedingung wahr

35 72 Block Verstellgeschw.-Berechnung

74 Schieberegister Winkel

76 Schieberegister Zeit

78 Block: Aufsummieren Winkel

80 Block: Aufsummieren Zeit

82 Division

84 Filter

86 Berechnung Rechenraster

88 Bestimmung Zeitspanne zwischen Flankensignal und Rechentakt

45 90 Übergabe Zeitspanne

92 Funktionszweig, IF-Bedingung falsch

94 Integrator

96 Zweig

98 Multiplikation für Korrektur

50 100 Addition

102 Addition

104 Subtraktion

106 Bestimmung des Prädiktionswinkels

108 Addition Korrekturwert

110 Addition Korrekturwert

112 Block: Prüfung ob Adaption notwendig ist

114 Block: wie wird adaptiert

116 Block: Lernwertbegrenzung

118 Block: Löschen der Adaption

60 120 Auswahl Tastverhältnis

122 Register

124 Register

126 Addition

128 Register

130 Multiplikation

132 Register

134 Register

136 Block: Freigabe der Berechnung des Betriebspunktes

138 Block Soll-/Istwertvergleich unter Prädiktionswinkel
140 Rückkopplung

Patentansprüche

1. Verfahren zur Nockenwellenverstellung in einer Brennkraftmaschine, wobei die Nockenwelle bzgl. einer Kurbelwelle mittels eines von einem Regler und einem Proportionalventil betätigten Verstellers, vorzugsweise eines Schwenkverstellers um einen vorbestimmten Winkel verschwenkt wird, wobei der Regler einen Winkel sollwert mit einem Winkelwert vergleicht, in Abhängigkeit von diesem Vergleich eine Stellgröße in Form eines Tastverhältnisses für das Proportionalventil bestimmt und bei Übereinstimmung von Winkel soll- und Winkelwert diese Stellgröße auf ein Haltetastverhältnis derart einstellt, daß der Winkel sollwert gehalten wird, dadurch gekennzeichnet, daß während einer Verstellung der Nockenwelle vor einem jeweiligen Soll-/Istwertvergleich dem Winkelwert ein Prädiktionswinkel derart hinzugefügt wird, daß die Summe aus Winkelwert und Prädiktionswinkel einem Winkel der Nockenwelle entspricht, den diese nach Umstellen der Stellgröße auf den Haltewert bis zum vollständigen Schließen des Proportionalventils während einer Ventilschließzeit erreicht. 15
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Prädiktionswinkel derart hinzugefügt wird, daß durch die Prädiktion eine integrale Strecke mit Totzeit modelliert wird. 20
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß vor jedem Soll-/Istwertvergleich eine momentane Verstellgeschwindigkeit der Nockenwelle berechnet und der Prädiktionswinkel als Produkt aus Verstellgeschwindigkeit und Ventilschließzeit bestimmt wird. 35
4. Verfahren nach Anspruch 3; dadurch gekennzeichnet, daß die Verstellgeschwindigkeit aus einer Lageänderung zwischen zwei zugehörigen Flanken eines der Nockenwellen zugeordneten Schnellstartgeberrades berechnet wird. 40
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß über alle Flankenwechsel einer vollständigen Umdrehung des Schnellstartgeberrades gemittelt wird.
6. Verfahren nach wenigstens einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß auf der Grundlage eines Rechenrasters bei jedem Rechentakt ein Soll-/Istwertvergleich durchgeführt wird. 45
7. Verfahren nach Anspruch 6 und wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Auftreten eines Flankensignals vom Schnellstartgeberad eine Position der Nockenwelle bestimmt wird und eine sich daraus ergebende Winkeldifferenz zwischen Nockenwelle und Kurbelwelle als Winkelwert gesetzt wird, wobei dieser Winkelwert zusätzlich mit einer Winkelkorrektur versehen wird, die aus der Zeitspanne zwischen dem Auftreten des Flankensignals und dem Rechentakt sowie aus der Verstellgeschwindigkeit berechnet wird. 55
8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7 und wenigstens einem der Ansprüche 3 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß bei Ausbleiben eines Flankensignals vom Schnellstartgeberad zwischen zwei Rechentakten der neue Winkelwert aus dem beim letzten Rechentakt erhaltenen Winkelwert zusammen mit einer Winkelkorrektur bestimmt wird, wobei die Winkelkorrektur aus der Verstellgeschwindigkeit und der Dauer eines Rechentaktes berechnet wird. 60
9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprü- 65

che, dadurch gekennzeichnet, daß vor jedem Soll-/Istwertvergleich in Abhängigkeit von einer Motortemperatur aus einem Kennfeld eine maximale Ventilschließzeit bestimmt wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß für unterschiedliche Schwenkrichtungen der Nockenwelle die Ventilschließzeit aus unterschiedlichen Kennfeldern bestimmt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß ab dem Beginn einer Verstellung der Nockenwelle die Ventilschließzeit von Null bis höchstens zum maximalen bzw. minimalen Wert mittels Integration verändert wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß ab dem Umstellen der Stellgröße auf das Haltetastverhältnis die Ventilschließzeit vom letzten Wert auf Null integriert wird.

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine jeweils bestimmte Ventilschließzeit mit einem Vorzeichen derart versehen wird, daß der sich aus dem Produkt aus Ventilschließzeit und Verstellgeschwindigkeit ergebende Prädiktionswinkel eine solches Vorzeichen hat, daß sich bei Addition mit dem Winkelwert eine Betragsänderung des Winkelwerts in Richtung des Winkel sollwerts ergibt.

14. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Haltetastverhältnis, das Tastverhältnis zum Verstellen in eine Richtung und das Tastverhältnis zum Verstellen in die entgegengesetzte Richtung vorbestimmt werden.

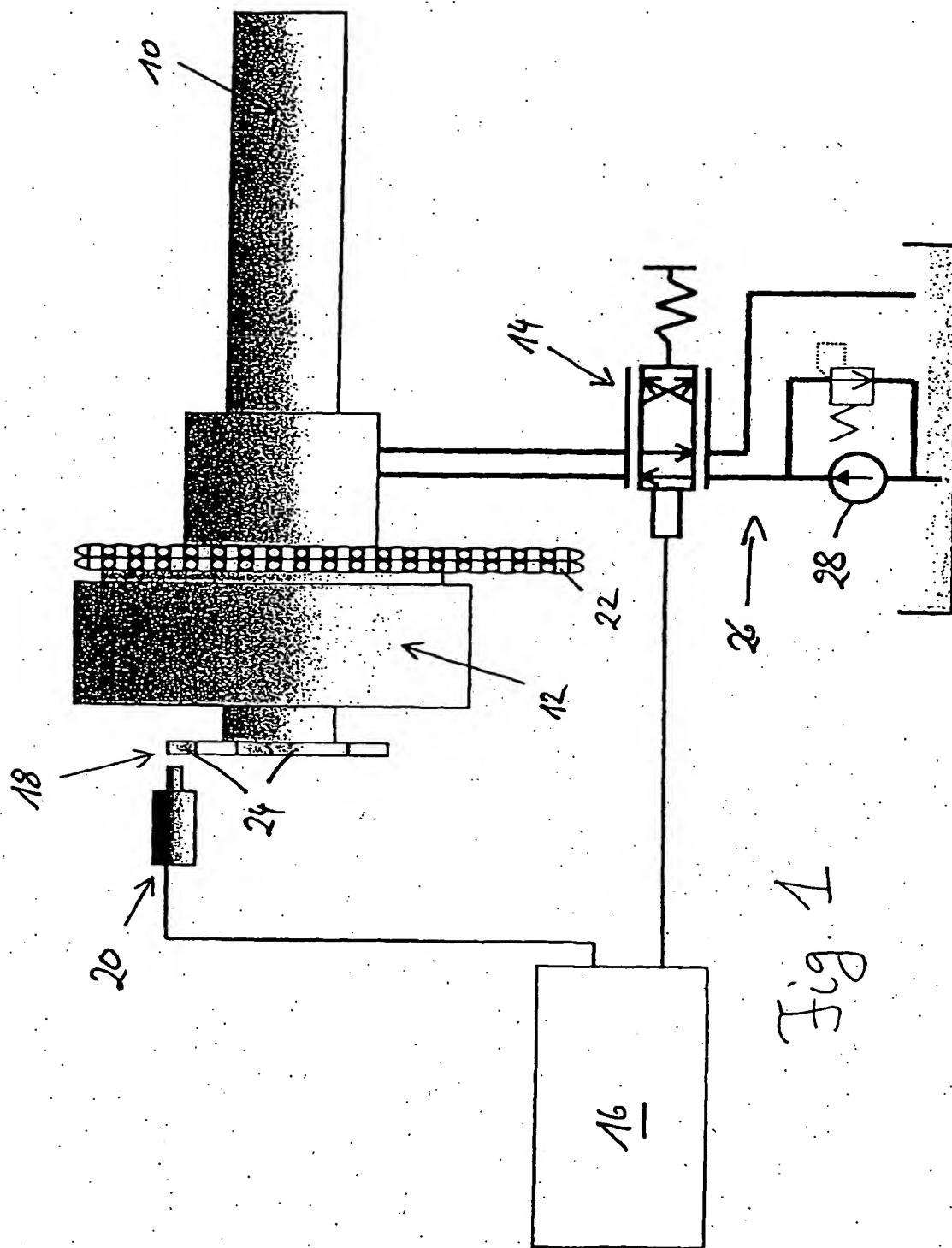
15. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß oberhalb und unterhalb des Sollwertes ein Fangbereich mit vorbestimmter Breite vorgesehen wird, wobei bereits dann auf das Haltetastverhältnis umgeschaltet wird, wenn der um den Prädiktionswinkel ergänzte Winkelwert in den Fangbereich hinein fällt.

16. Verfahren nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß während der Verstellung der Nockenwelle auf einen neuen Winkel der Fangbereich kleiner gewählt wird als während des Haltens des Winkel sollwertes mit dem Haltetastverhältnis.

17. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß während des Haltens eines Winkel sollwertes eine PI-Regelung durchgeführt wird, wobei ein I-Anteil aus dem Haltetastverhältnis abgeleitet und ein P-Anteil aus einer Sollwertabweichung multipliziert mit einem vorbestimmten Faktor berechnet wird.

Hierzu 12 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



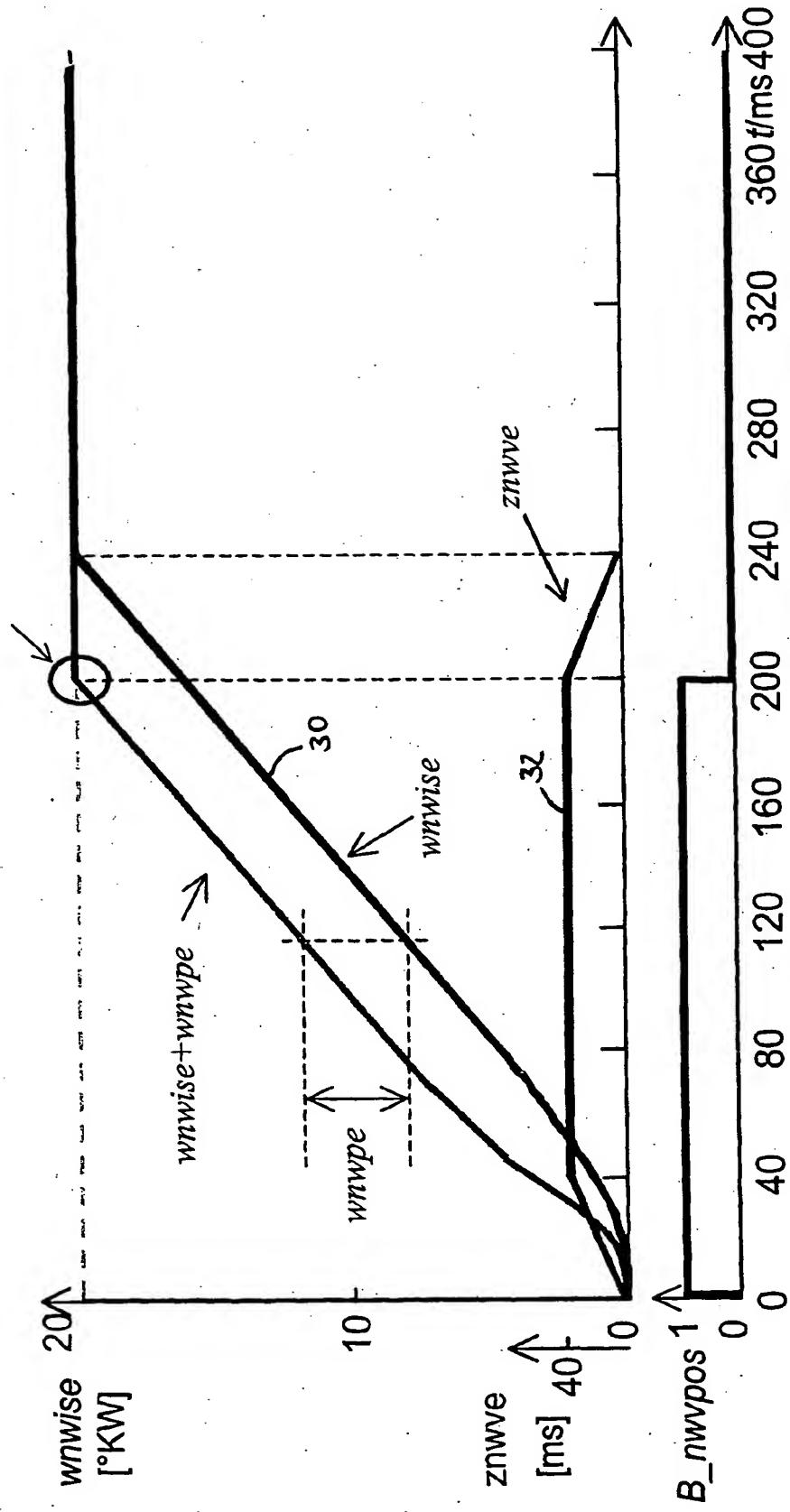


Fig. 2

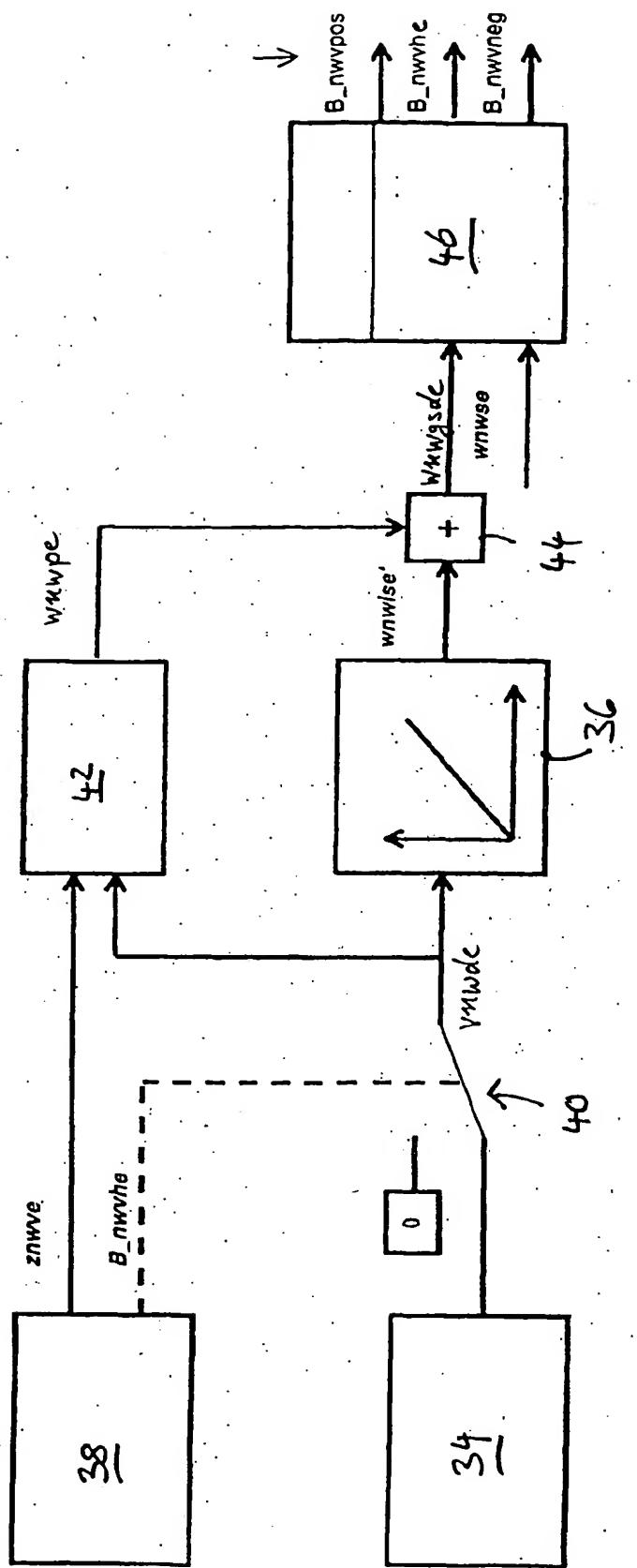
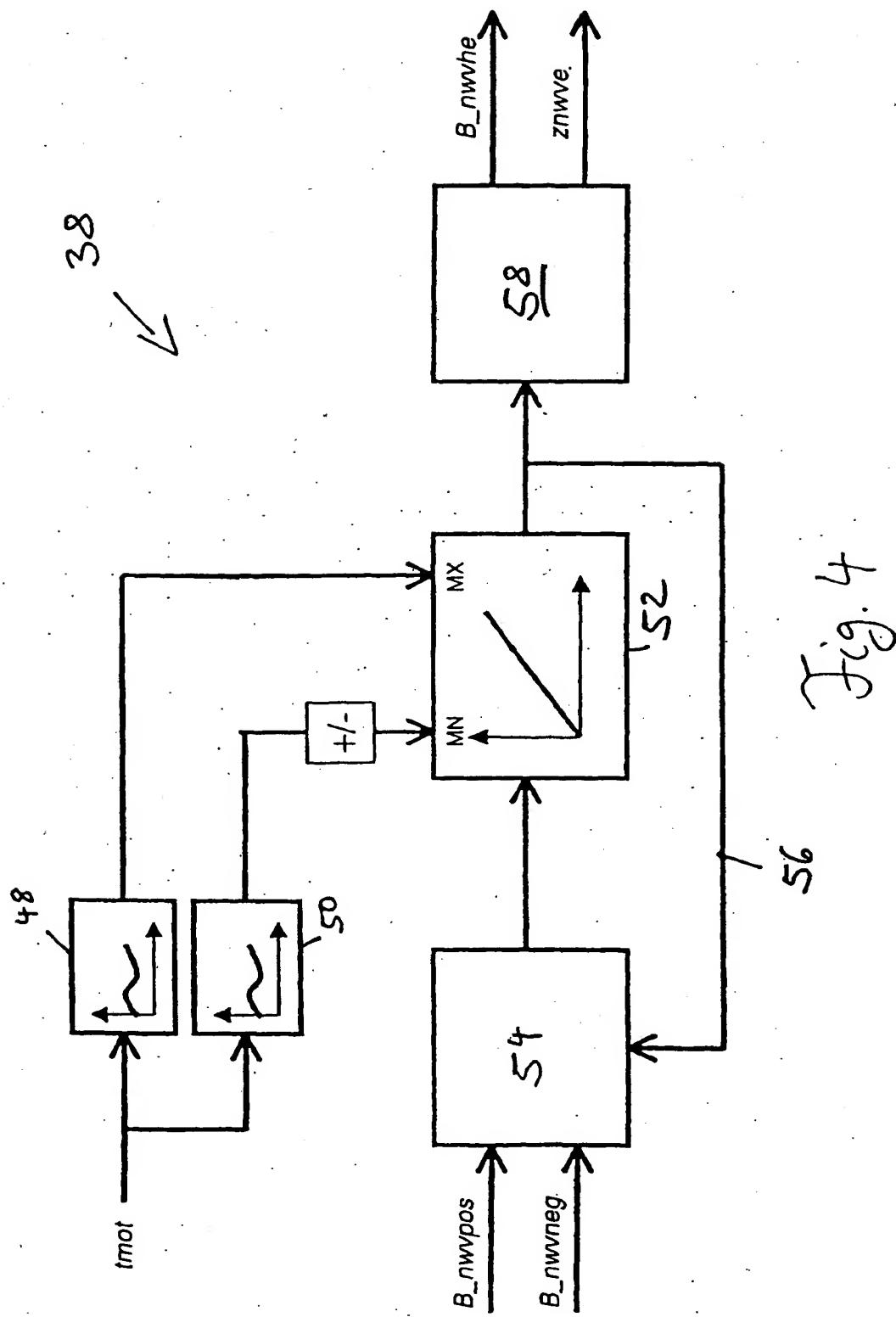
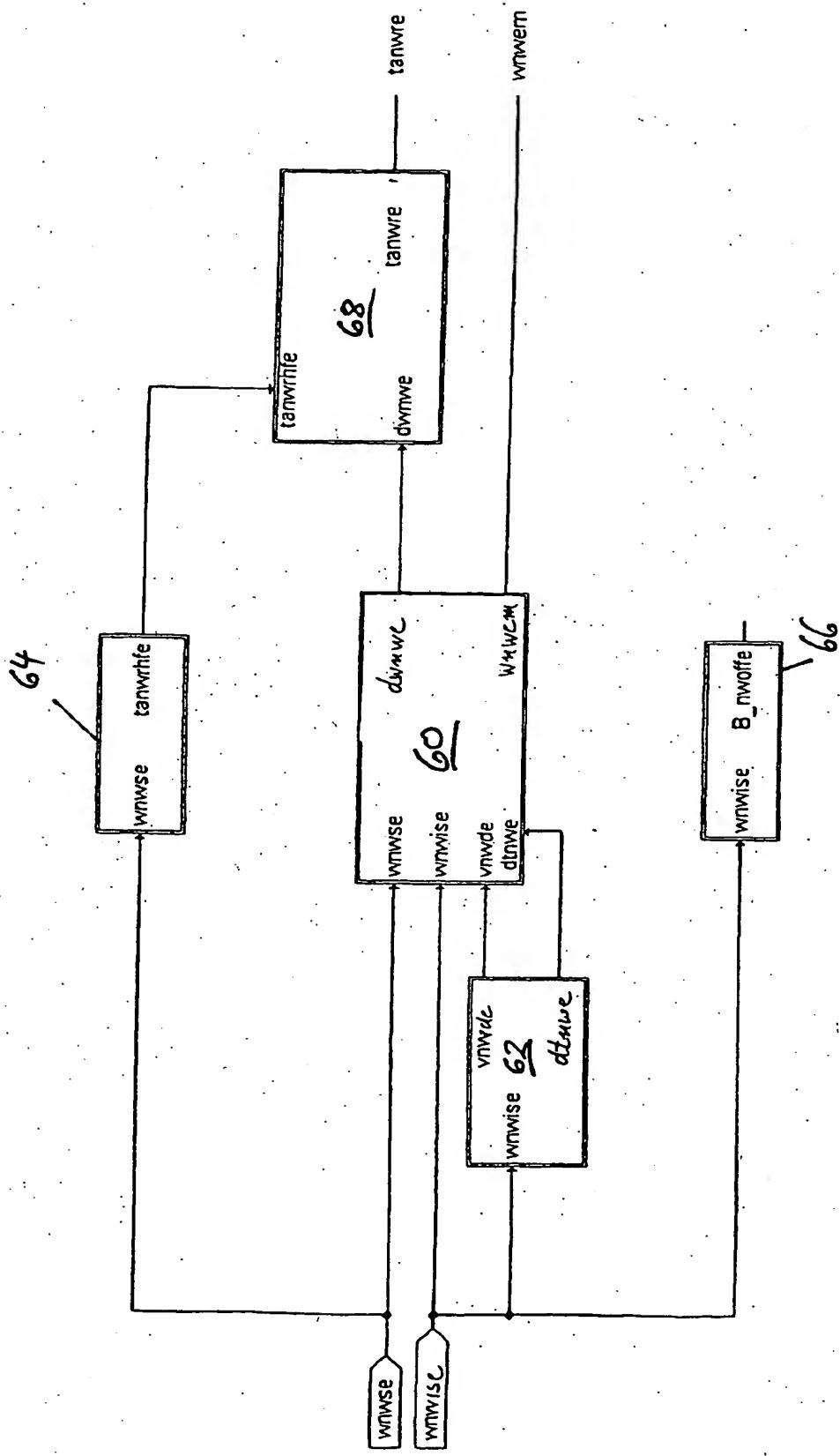
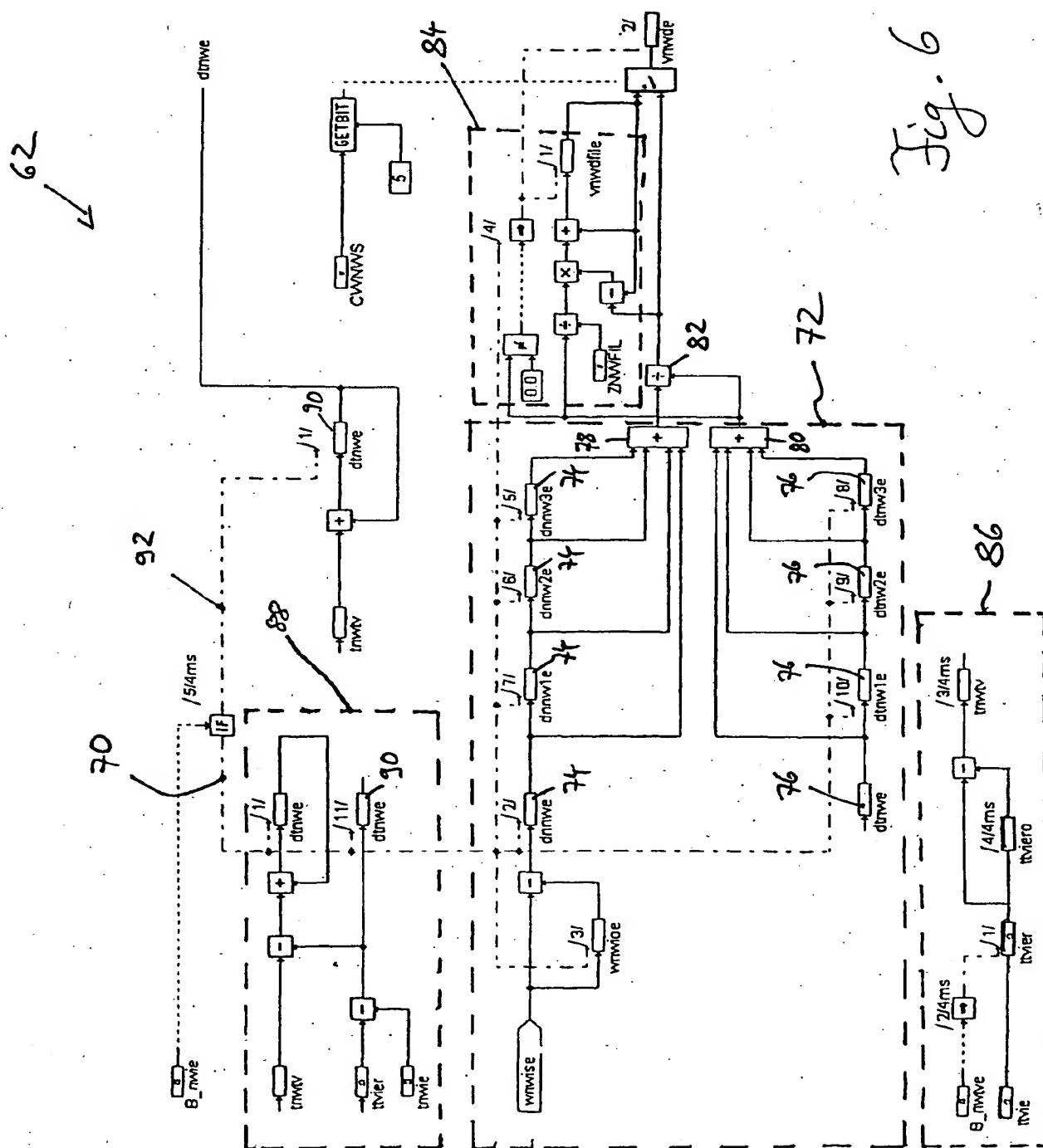


Fig. 3







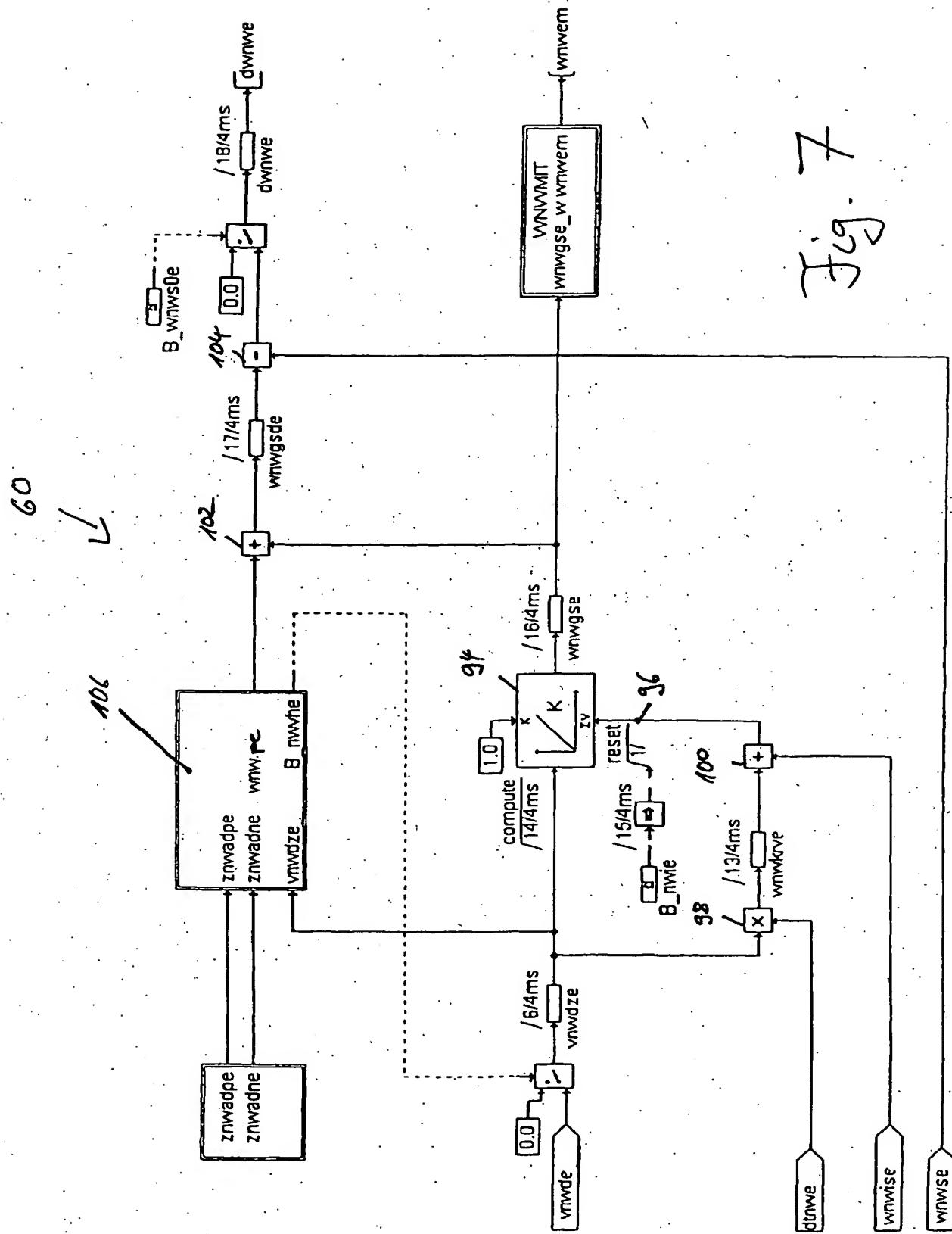
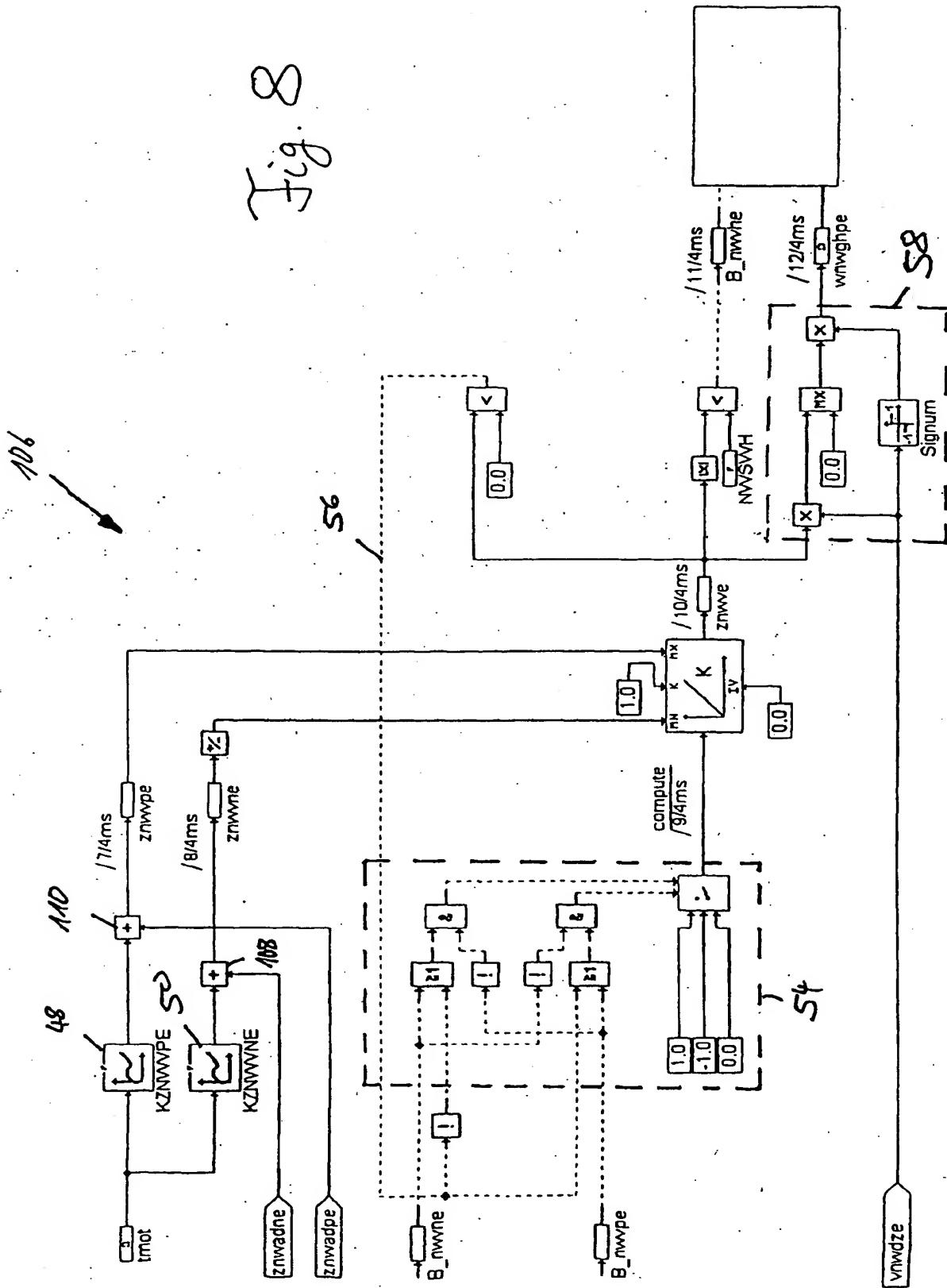
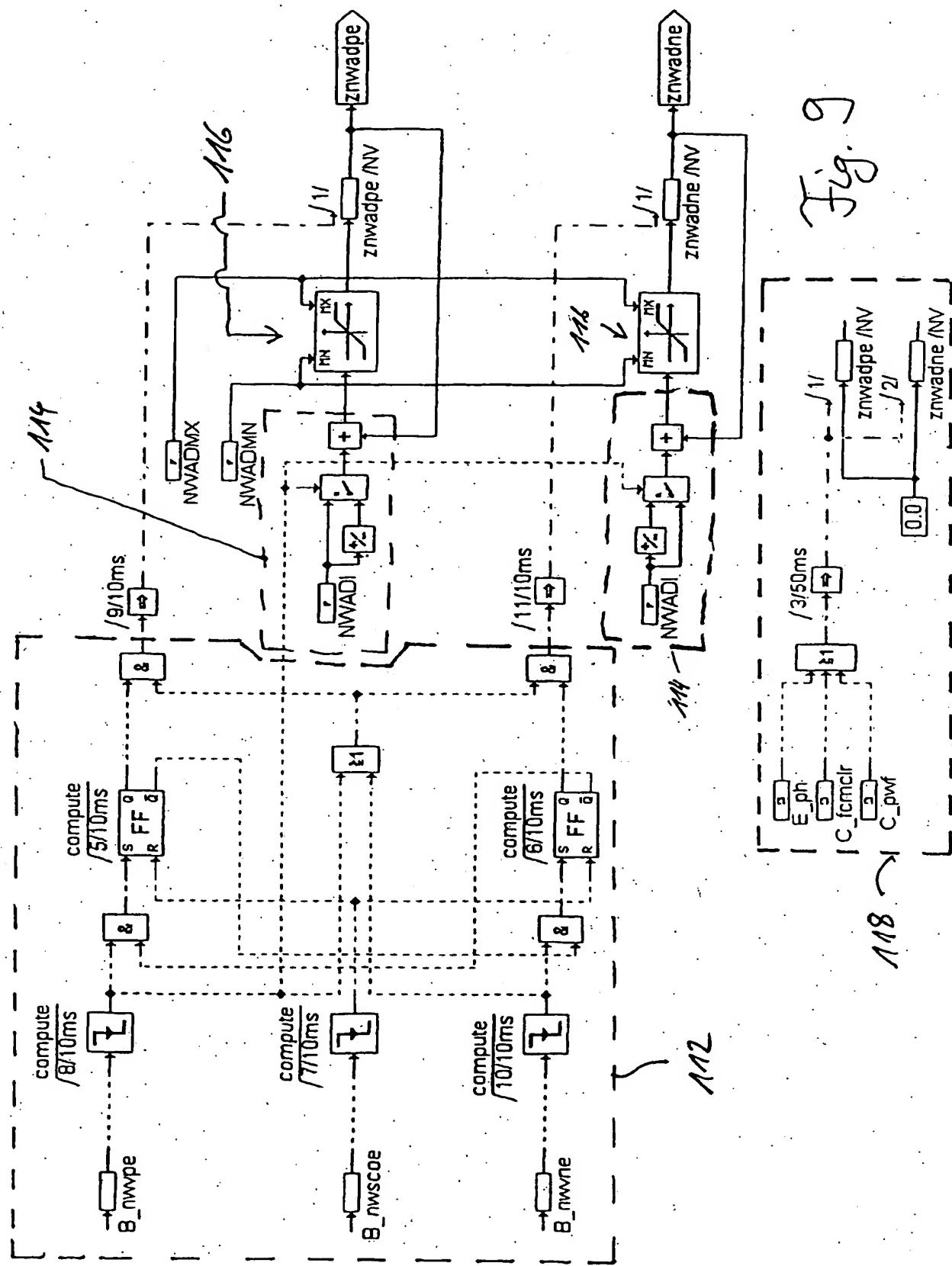


Fig. 8





68 ✓

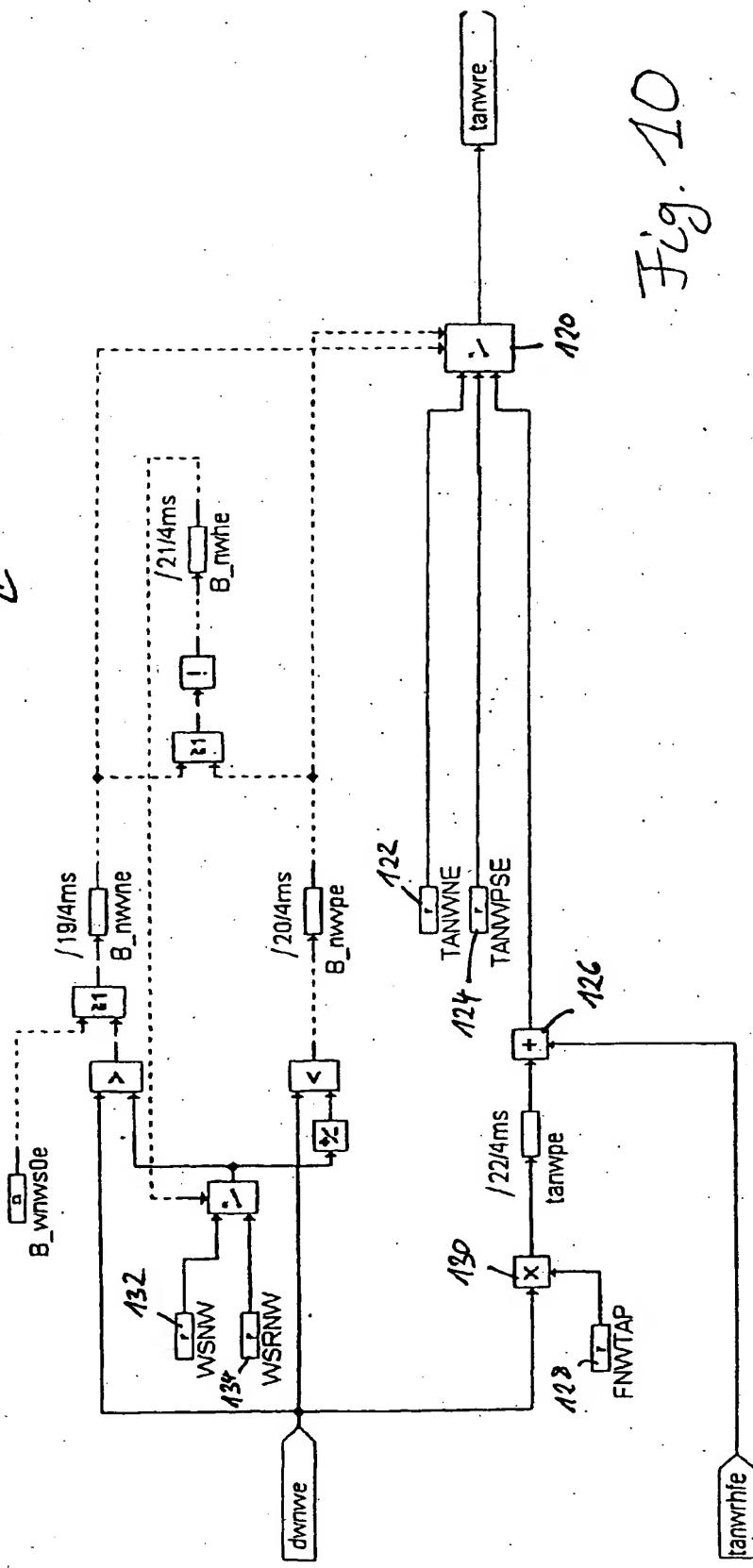


Fig. 10

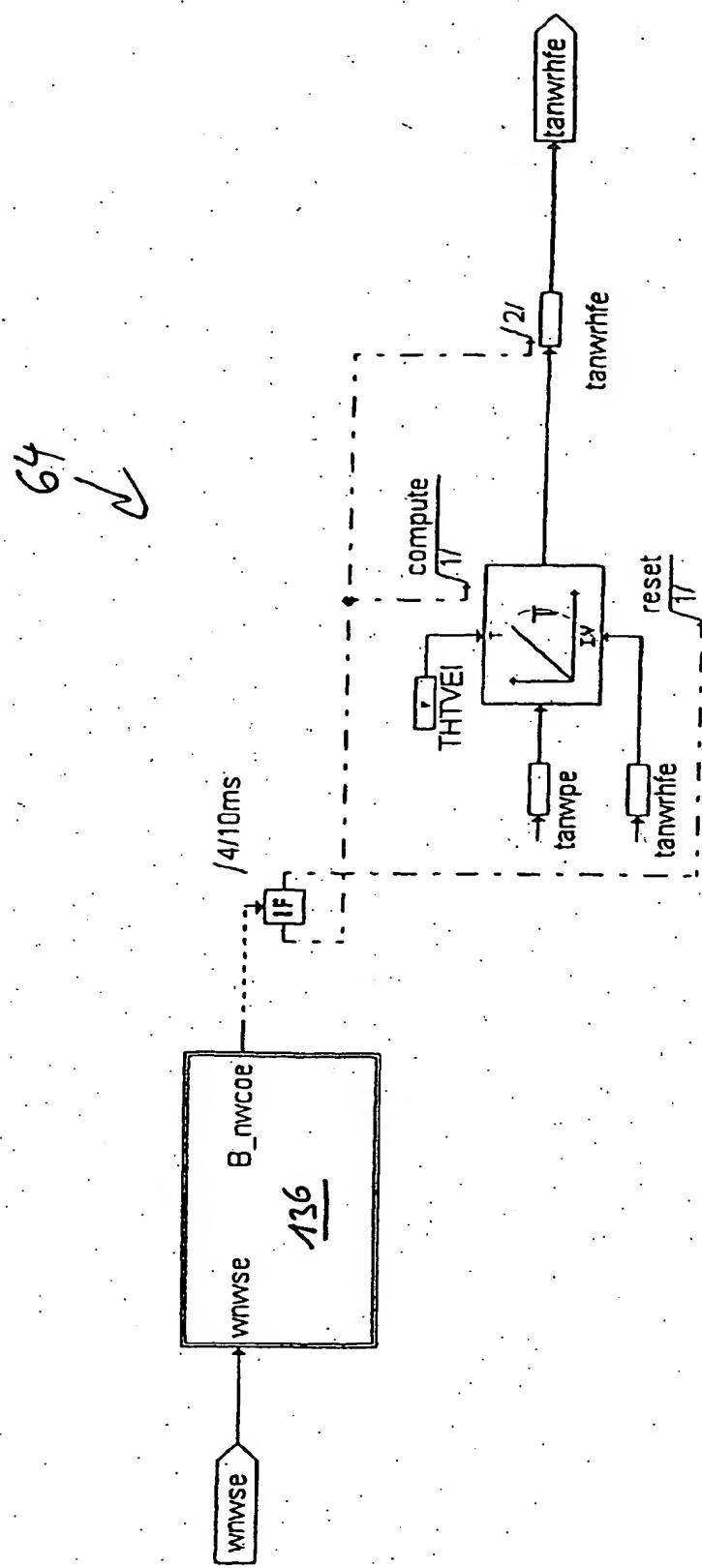


Fig. 11

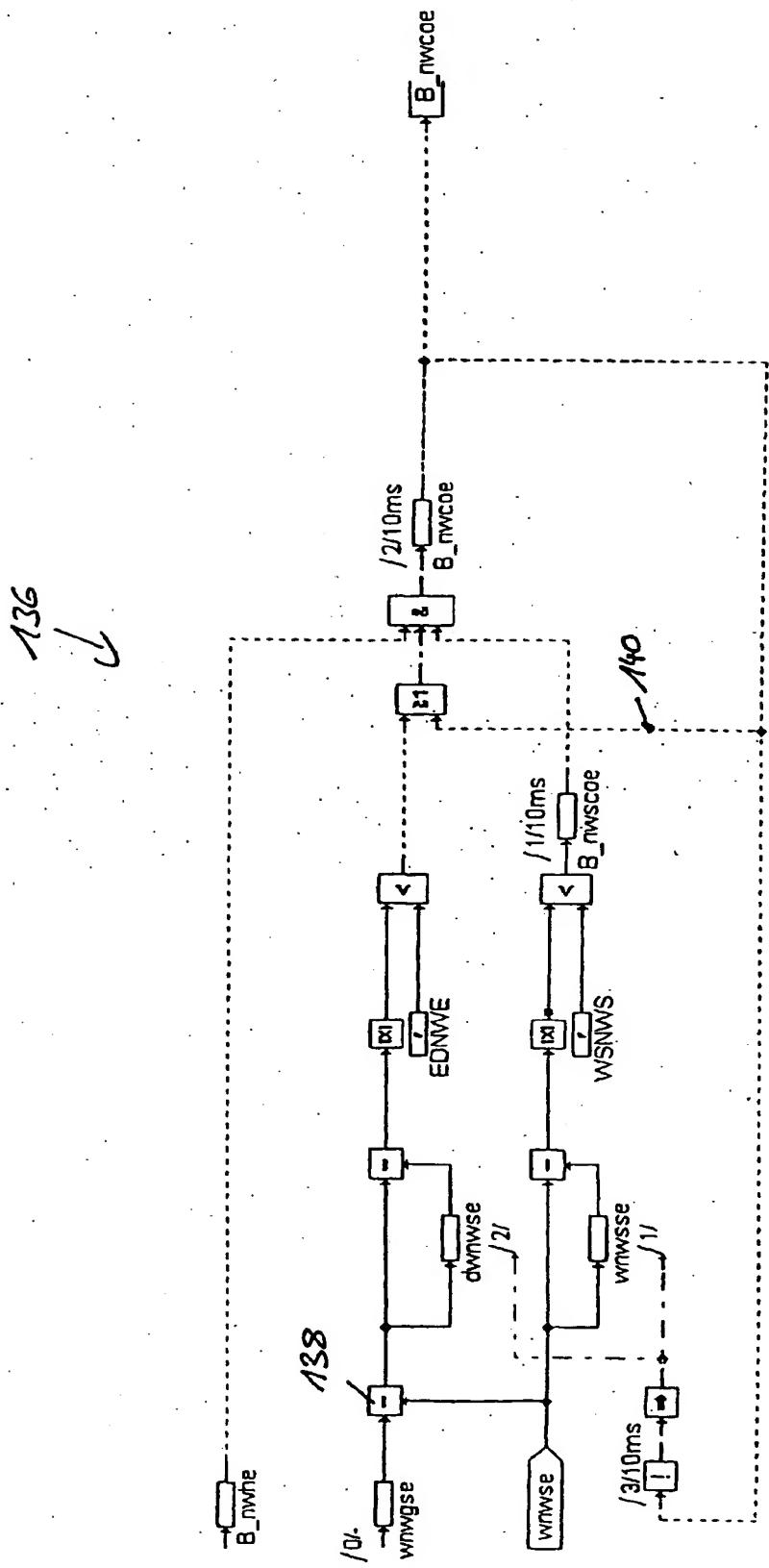


Fig. 12

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- BLACK BORDERS**
- IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- FADED TEXT OR DRAWING**
- BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- SKEWED/SLANTED IMAGES**
- COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- GRAY SCALE DOCUMENTS**
- LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)